

O B S A H

	str.
Úvod	3
Definice a rozměr použitých symbolů	5
1 ENERGIE, JEJÍ FORMY A PŘEMĚNY	7
1.1 Energie jako fyzikální veličina	8
1.1.1 Geneze pojmu energie a zákona zachování energie	9
1.1.2 Obecné zákony energetických přeměn	13
1.1.3 Nerozlučnost hmoty a energie	19
1.2 Různé podoby energie	22
1.2.1 Energie mechanická	24
1.2.2 Energie tepelná	25
1.2.3 Energie zářivá	27
1.2.4 Energie elektrická	32
1.2.5 Energie chemická	34
1.2.6 Energie jaderná	37
1.2.7 Způsoby energetických přeměn	54
2 SVĚTOVÝ ENERGETICKÝ PROBLÉM	56
2.1 Energetika a energetický problém	57
2.2 Časové členění energetického problému	59
2.2.1 Prvá etapa řešení energetického problému (do roku 2000)	60
2.2.2 Střednědobé řešení energetického problému (do roku 2020)	61
2.2.3 Pozdní období (do roku 2040)	62
2.3 Světová spotřeba primární energie	63
2.3.1 Dosavadní vývoj spotřeby primární energie	64
2.3.2 Prognózy dalšího vývoje světové spotřeby primární energie	66
2.4 Světové zdroje primární energie	68
2.4.1 Konvenční zásoby a zdroje fosilních paliv	69
2.4.2 Nekonvenční zdroje ropy a zemního plynu	73
2.4.3 Jaderné zdroje	74
2.4.4 Obnovitelné zdroje primární energie	76
3 ENERGETICKÁ SITUACE V ČSFR	78
3.1 Vývoj spotřeby primární energie v ČSFR	78
3.1.1 Struktura spotřeby primární energie v ČSFR	79
3.1.2 Energetická náročnost československého průmyslu	80
3.1.3 Další rozvoj zdrojů primární energie v ČSFR	82

3.2	Rozvoj československé elektroenergetiky	84
3.3	Úloha tuhých fosilních paliv	86
3.3.1	Hnědé uhlí a lignity	87
3.3.2	Černé uhlí	87
3.4	Úloha jaderné energie v ČSFR	88
3.4.1	Dosavadní vývoj československé jaderné energetiky	88
3.4.2	Prvá československá experimentální jaderná elektrárna A1	90
3.4.3	Tlakovodní reaktory jaderné elektrárny V-1	94
3.4.4	Tlakovodní reaktory VVER-440, typ V-213	97
3.4.5	Jaderná elektrárna s reaktory VVER-1000	99
3.5	Perspektivy dalšího rozvoje energetiky v ČSFR	101
3.5.1	Černobylský syndrom	102
3.5.2	Potřeba jaderných elektráren s všeobecně přijatelným standardem jaderné bezpečnosti	102
3.5.3	Jaderná varianta řešení československého energetického problému ...	103
3.5.4	Energetická situace v ČSFR v devadesátých letech	104
4	SOUČASNÉ ŠTĚPNÉ JADERNÉ REAKTORY A JEJICH PERSPEKTIVY	106
4.1	Úvod do teorie štěpných jaderných reaktorů	106
4.1.1	Multiplikační faktor	107
4.1.2	Štěpná řetězová reakce s moderátorem	108
4.1.3	Kritické rozměry štěpné soustavy	109
4.1.4	Difúzní rovnice	110
4.1.5	Zjednodušený výpočet kritické velikosti reaktoru	113
4.1.6	Mnohohrupová difúzní teorie	118
4.1.7	Vývin tepla ve štěpných jaderných reaktorech	119
4.2	Jaderný energetický reaktor a jeho části	120
4.2.1	Palivové články	122
4.2.2	Aktivní zóna	123
4.2.3	Systém řízení reaktoru	124
4.2.4	Systém odvodu tepla	124
4.2.5	Ochranná obálka (kontejnment)	125
4.2.6	Jaderná elektrárna	126
4.3	Základní typy jaderných energetických reaktorů	127
4.3.1	Dosavadní vývoj jaderných reaktorů	129
4.3.2	Současný stav vývoje energetických reaktorů	132
4.4	Tlakovodní reaktory	134
4.4.1	Uspořádání tlakovodního reaktoru	135
4.4.2	Tlakovodní reaktory VVER	138

4.4.3	Tlakovodní reaktory západní koncepce	141
4.4.4	Vývojové tendence tlakovodních reaktorů	142
4.4.5	Tlakovodní reaktory s vysokou konverzí paliva	145
4.5	Jaderná bezpečnost elektráren s tlakovodními reaktory	147
4.5.1	Základní bezpečnostní princip: hloubková ochrana	147
4.5.2	Bezpečnostní a ochranné systémy JE (3. úroveň)	150
4.5.3	Speciální bezpečnostní systémy (4. úroveň)	153
4.6	Perspektivy jaderné energetiky do roku 2000	154
5	RYCHLÉ MNOŽIVÉ REAKTORY	156
5.1	Úvod do teorie množivých štěpných reaktorů	156
5.1.1	Štěpná řetězová reakce bez moderátoru	157
5.1.2	Koeficient reprodukce	157
5.1.3	Doba zdvojení	159
5.2	Velká jaderná energetika	160
5.3	Uspořádání rychlého reaktoru chlazeného roztaveným Na	161
5.3.1	Sodík jako chladivo rychlých reaktorů	162
5.3.2	Palivové články rychlých reaktorů	163
5.3.3	Regulační tyče rychlých reaktorů	164
5.3.4	Aktivní zóna	165
5.3.5	Množivá zóna	166
5.3.6	Integrovaná a smyčková řešení primárního okruhu	166
5.3.7	Tříokruhové uspořádání jaderné elektrárny s rychlým reaktorem	167
5.3.8	Parní generátory	167
5.4	Průmyslové prototypy rychlých reaktorů	168
5.4.1	Sovětský rychlý reaktor BN-600	168
5.4.2	Francouzský rychlý reaktor Super Phénix-1	171
5.4.3	Další projekty elektráren s rychlými reaktory	172
5.5	Bezpečnost rychlých reaktorů	173
5.6	Ekonomické problémy výstavby rychlých reaktorů	174
5.7	Perspektivy rychlých množivých reaktorů	175
6	REAKTOR JAKO ZDROJ TEPLA PRO TECHNOLOGICKÉ ÚČELY	176
6.1	Vodíková energetika	177
6.1.1	Historický vývoj "vodíkové energetiky"	177
6.1.2	Vodík jako sekundární palivo	178
6.1.3	Výroba vodíku	180
6.1.4	Dálkový přenos jaderné energie (systém EVA - ADAM)	182
6.1.5	Perspektivy vodíkové energetiky	183

6.2	Vysokoteplotní reaktory	185
6.2.1	Dosavadní vývoj vysokoteplotních reaktorů	185
6.2.2	Uspořádání vysokoteplotních reaktorů	186
6.2.3	Demonstrační elektrárny s vysokoteplotním reaktorem	188
6.2.4	Další vývoj vysokoteplotních reaktorů	190
6.3	Využití vysokoteplotních reaktorů v technologických procesech	193
6.3.1	Zplyňování uhlí	194
6.3.2	Projekt vysokoteplotního technologického reaktoru	196
7	ŠTĚPNÉ REAKTORY DRUHÉ JADERNÉ ÉRY	198
7.1	Vývoj požadavků na bezpečnost jaderných elektráren	198
7.2	Inherentní bezpečnost jaderných elektráren	201
7.3	Evoluční vývoj lehkovodních reaktorů	202
7.3.1	Bezpečnostní aspekty tlakovodních reaktorů	203
7.3.2	Další vývoj bezpečnostních systémů tlakovodních reaktorů	204
7.3.3	Projekty a mezinárodní spolupráce	204
7.4	Lehkovodní reaktory nové generace	205
7.4.1	Projekty založené na koncepci PIUS	206
7.4.2	Tlakovodní reaktory se zvýšenou pasivní a inherentní bezpečností firmy Westinghouse (AP 600)	208
7.4.3	Zjednodušený varný reaktor firmy General Electric (SBWR)	210
7.5	Projekty modulových vysokoteplotních reaktorů	212
7.6	Modulové reaktory chlazené sodíkem	213
7.7	Projekty s využitím netradičních chladiv	215
8	VYUŽITÍ ENERGIE JADERNÉ SYNTÉZY	218
8.1	Základní vlastnosti plazmatu	222
8.2	Zařízení s magnetickým udržením	230
8.2.1	Pulsní systémy	230
8.2.2	Magnetické nádoby	233
8.2.3	Stelarátory	236
8.2.4	Tokamaky	240
8.2.5	Experimentální výsledky a mezinárodní program tokamaků	242
8.3	Zařízení s inerciálním udržením	245
8.3.1	Lasery	246
8.3.2	Svazky částic	248
8.4	Mionová katalýza a studená fúze	249
8.5	Koncepce termojaderné elektrárny	251
8.6	Hybridní systémy	252

8.7	Systémy s elektrojaderným množením	253
9	VYUŽITÍ OBNOVITELNÝCH A NETRADIČNÍCH ENERGETICKÝCH ZDROJŮ	255
9.1	Geotermální energie	256
9.2	Energie přílivu a odlivu	259
9.3	Energie pocházející ze slunečního záření	260
9.3.1	Přímé využití slunečního záření	261
9.3.2	Energie vodních toků a ledovců	264
9.3.3	Větrná energie	265
9.3.4	Energie mořských vln	267
9.3.5	Energie absorbovaného slunečního tepla	268
9.3.6	Energie živé hmoty	268
9.4	Magnetohydrodynamická energetika	269
9.5	Některá další využití přímých přeměn energie	270
10	EKOLOGICKÉ PROBLÉMY ENERGETIKY	272
10.1	Rizika energetických technologií	273
10.1.1	Odhad, hodnocení a kontrola rizika	275
10.1.2	Kvantifikace zdravotního rizika energetických systémů	276
10.2	Vliv fosilní energetiky na životní prostředí	278
10.2.1	Uhlí	278
10.2.2	Ropa a její deriváty	281
10.2.3	Zemní plyn	283
10.2.4	Odpadní teplo	283
10.2.5	Trasy vysokého napětí a jejich působení na životní prostředí	285
10.2.6	Účinky znečišťujících výpustí na celosvětové klima	286
10.3	Vliv obnovitelných zdrojů energie na životní prostředí	288
10.3.1	Vliv geotermální energie	288
10.3.2	Vliv sluneční energetiky	289
10.3.3	Vliv využívání větrné energie	289
10.3.4	Důsledky využívání energie vodních toků	290
10.3.5	Důsledky využívání energie živé hmoty	291
10.4	Jaderná energie a životní prostředí	291
10.4.1	Biologické účinky ionizujícího záření	292
10.4.2	Normální provoz jaderných elektráren	298
10.4.3	Havárie jaderné elektrárny s únikem radioaktivních látek	299
10.4.4	Vnější palivový cyklus	301
	Zamýšlení nad perspektivami energetiky	306
	Použitá a doporučená literatura	308